

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION  
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété  
Intellectuelle  
Bureau international



(43) Date de la publication internationale  
24 novembre 2005 (24.11.2005)

PCT

(10) Numéro de publication internationale  
WO 2005/112041 A2

(51) Classification internationale des brevets<sup>7</sup> : G21K 1/00

(21) Numéro de la demande internationale :  
PCT/EP2005/051405

(22) Date de dépôt international : 28 mars 2005 (28.03.2005)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :  
0403904 13 avril 2004 (13.04.2004) FR

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) :  
E-QUANTIC COMMUNICATIONS [FR/FR]; Allée des  
Chériniers, F-03190 GIVARLAIS (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : DES-  
BRANDES, Robert [FR/FR]; Allée des Chériniers,

F-03190 GIVARLAIS (FR). VAN GENT, Daniel Lee  
[US/US]; 10927 Del Cano Avenue, BATON ROUGE,  
Louisiana 70816 (US).

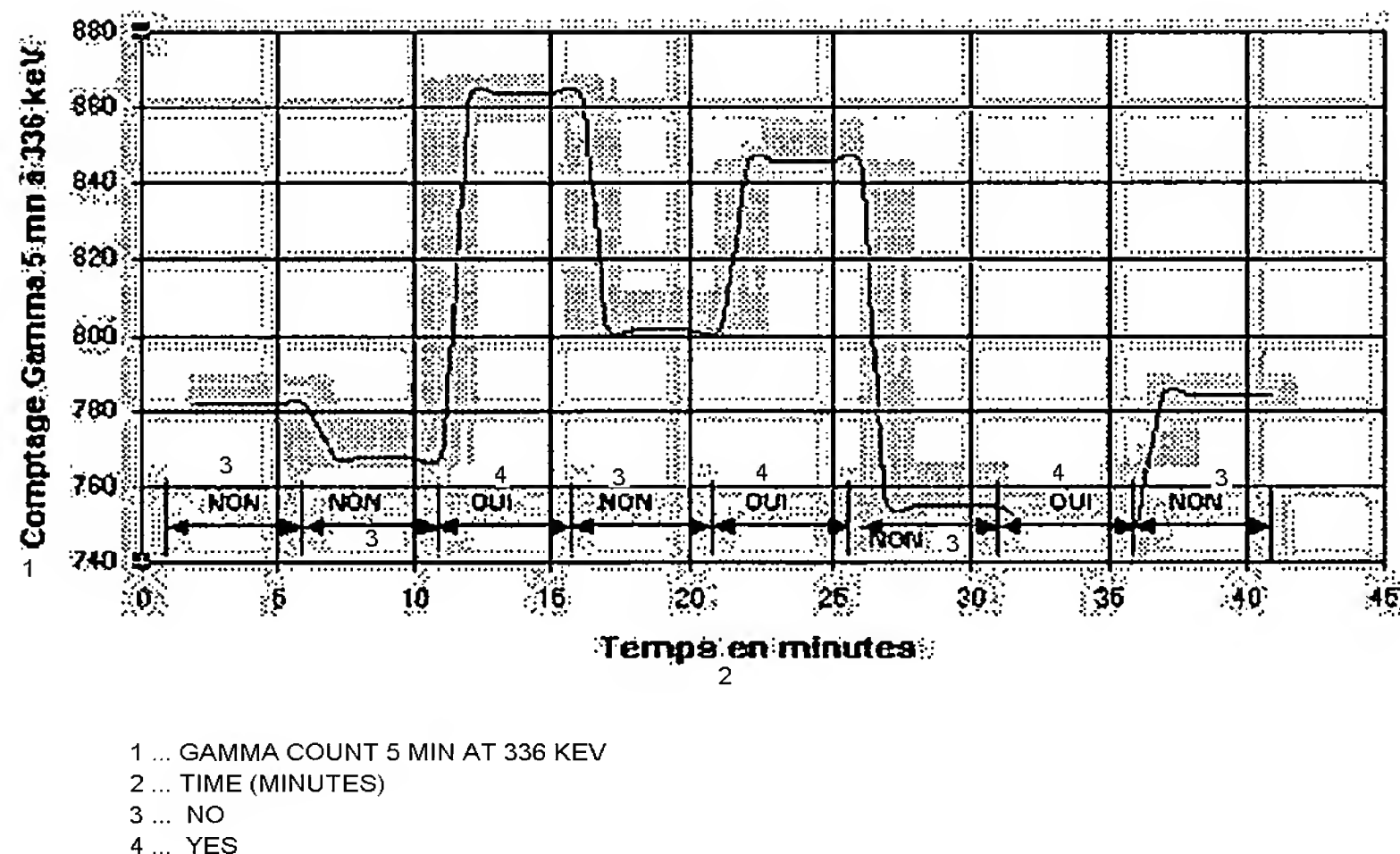
(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de  
protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AT,  
AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO,  
CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB,  
GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG,  
KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG,  
MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH,  
PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM,  
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM,  
ZW.

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre  
de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH,  
GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: REMOTE COMMUNICATION METHOD AND DEVICE USING NUCLEAR ISOMERS

(54) Titre : PROCEDE ET APPAREILLAGE POUR COMMUNIQUER A DISTANCE EN UTILISANT DES NUCLEIDES ISO-  
MERES.



(57) Abstract: The invention relates to a method and device which are intended for remote control and communication using nuclear isomers. Several samples of nuclides that can have a metastable state are irradiated together and simultaneously with cascade gamma-rays emitted from a radioactive source or a particle accelerator. According to quantum mechanics, the gamma-rays produced are entangled, and said entanglement is transferred to the nuclear isomers. When the samples are separated and one of said samples, namely the master, is stimulated using a standard gamma- or X-ray irradiation method, the other samples, namely the slaves, are also deexcited. There is no known method for interference between the masters and slaves. Only the slave(s) can receive the

signal instantly from the master through any medium and over any distance. The method and device are particularly suitable for communication and control applications.

(57) Abrégé : Le procédé et l'appareillage décrits servent à communiquer et commander à distance en utilisant des nucléides isomères. Plusieurs échantillons de nucléides susceptibles d'avoir un état métastable sont irradiés ensembles et simultanément par des rayons gamma issus en cascade d'une source radioactive ou d'un accélérateur de particules. Selon la Mécanique Quantique, les rayons gamma produits sont intriqués. Cette intrication est transférée aux nucléides isomères. Lorsque les échantillons sont séparés, en stimulant l'un d'eux, le « maître », par une méthode classique d'irradiation gamma ou X, les autres échantillons, les « esclaves », sont également désexcités. Il n'y a pas de procédé connu d'interférence entre maîtres et esclaves. Le ou les esclaves sont les seuls à pouvoir recevoir instantanément le signal du maître à travers tous milieux et à toutes distances. Le procédé et l'appareillage sont particulièrement destinés à des applications de communication ou de commande.



ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Déclarations en vertu de la règle 4.17 :**

- *relative au droit du déposant de demander et d'obtenir un brevet (règle 4.17.ii)) pour les désignations suivantes AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW, brevet ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), brevet eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), brevet européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), brevet OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG)*
- *relative au droit du déposant de demander et d'obtenir un brevet (règle 4.17.ii)) pour les désignations suivantes AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS,*

*JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW, brevet ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), brevet eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), brevet européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), brevet OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG)*

- *relative au droit du déposant de revendiquer la priorité de la demande antérieure (règle 4.17.iii)) pour la désignation suivante US*
- *relative au droit du déposant de revendiquer la priorité de la demande antérieure (règle 4.17.iii)) pour la désignation suivante US*
- *relative à la qualité d'inventeur (règle 4.17.iv)) pour US seulement*

**Publiée :**

- *sans rapport de recherche internationale, sera republiée dès réception de ce rapport*

*En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.*

## **Procédé et Appareillage pour Communiquer à Distance en utilisant des Nucléides isomères**

### **DESCRIPTION**

#### **5    Domaine technique :**

La présente invention concerne un procédé et un appareillage pour communiquer à distance en utilisant des nucléides isomères.

Certains nucléides possèdent un état métastable. Ces états sont des isomères, c'est à dire des états excités du noyau de l'atome. Les isomères retournent à leur état  
10    fondamental par transition isomérique en émettant un rayonnement gamma. La transition isomérique, comme la conversion interne, ne donne pas lieu à un changement de numéro atomique. Dans son état normal, un isomère retourne à son état fondamental avec une loi exponentielle comme les autres éléments radioactifs. Cette loi exponentielle est généralement caractérisée par la demi-vie de l'élément  
15    radioactif. La demi-vie est reliée à la probabilité de désexcitation par la formule :

$$P = \text{LN}(2)/\lambda$$

P, probabilité de désintégration par minutes ;

LN, logarithme naturel ;

$\lambda$ , demi-vie en minutes.

20    Par exemple, la demi-vie de l'indium  $115^m$  normal est de 268 minutes. La probabilité de désexcitation d'un noyau par minutes est de 0,00258 ce qui représente une chance sur 387 par minute. Par indium  $115^m$  normal, on désigne l'isomère excité classiquement. Il existe en effet plusieurs façons d'exciter un nucléide susceptible d'avoir un état métastable. Il peut être excité par irradiation neutronique ou simplement provenir de la  
25    désintégration d'un noyau plus lourd. L'excitation des nucléides isomères peut également avoir lieu par transition isomérique inverse due à une irradiation de rayons gamma d'énergie suffisante.

Il est connu des hommes de l'art que la désexcitation de l'isomère peut être accélérée par irradiation X ou gamma. Dans cette invention cette propriété sera utilisée.

30    L'invention, dont la mise en œuvre sera détaillée dans la suite, exploite des propriétés anticipées par la Mécanique Quantique selon lesquelles deux ou plusieurs particules intriquées conservent une liaison quantique lorsqu'elles sont séparées par une distance quelconque, liaison quantique qui est instantanée dans le même référentiel.

De nombreux articles et ouvrages existent sur le sujet de l'intrication. Ci-dessous sont

listés les principaux :

- [1.] Einstein A., Podolski B., Rosen N., «Can Quantum Mechanical Description of Physical Reality Be Considered Complete», *Physical Review*, 47, (1935),pp. 777-780.
- 5 [2.] Bell J. S., «*Speakable and Unspeakable in Quantum Mechanics*», New York, Cambridge University Press, 1993.
- [3.] Aspect A., « Trois tests expérimentaux des inégalités de Bell par mesure de corrélation de polarisation de photons », Thèse de Doctorat d'Etat, Université de Paris Orsay, 1<sup>er</sup> Février 1983.
- 10 [4.] Townsend P. D., Rarity J. G., Tapster P. R., «Single-Photon Interference in 10 km Long Optical-Fiber», *electronics letters*, V; 29, p. 634, 1993.
- [5.] Le Bellac M., « *Physique Quantique* », EDP/Sciences/CNRS, 2003, voir « Etats Intriqués », p. 165-201.
- 15 [6.] Aczel A. D., «*ENTANGLEMENT: The Greatest Mystery in Physics*», John Wiley & Sons, LTD, Chichester, W. Sussex, England, 2003.
- [7.] Aczel A. D., «*ENTANGLEMENT: The Unlikely Story of How Scientists, Mathematicians, and Philosophers Proved Einstein's Spookiest Theory*», A Plume Book, Sept. 2003.
- 20 [8.] Shimony A., «The Reality of the Quantum World», *Scientific American*, p. 46, Jan 1998.
- [9.] Greestein G., Zajonc A. G., «*The Quantum Challenge: Modern Research on the Foundations of Quantum Mechanics*», Jones and Barlett, Sudbury, MA, USA, 1997.
- [10.] Herbert Nick, "Quantum Reality", Anchor Book, NY, 1985.
- 25 [11.] Carroll M. J., Bird, D. G., et al., « Photoexcitation of nuclear Isomers by  $(\gamma, \gamma')$  reactions », *Physical Review C*, 43, 3, p. 1238-1245.
- [12.] Magniez F. « *Cryptographie Quantique* », Mémoire magistère, ENS-Cachan, mai 1993.
- 30 [13.] Muller, A., Breguet J., Gisin N., "Experimental Demonstration of Quantum Cryptography using Polarized Photons in Optical-Fiber over more than 1 KM", *Europhysics Letters*, V. 23, p. 383, 1993.
- [14.] Sudbury Tony, « Instant Teleportation », *Nature*, V. 362, pp. 586-587, 1993.



[15.] Nairz O., Arndt M., Zeilinger A., « Experimental Nonlocality Proof of Quantum Teleportation and Entanglement Swapping », Physical Review Letters, V.88, p; 017903, 2002.

5 [16.] Julsgaard B., Kozhekin A., and Polzik E; S., « Experimental long-lived entanglement of two macroscopic objects », Nature, 413, 400-403,, (2001).

[17.] Olariu S. et Olariu A., « Induced emission of  $\gamma$  radiation from isomeric nuclei », Physical Review C, 58, 1, (July 1998).

#### 10 **Technique antérieure :**

La technique d'intrication de photons est utilisée en cryptographie. Celle-ci permet de transmettre des messages entre deux correspondants. La détection des messages par une tierce personne est immédiatement connue des correspondants, Une liaison classique reste cependant nécessaire pour décoder les messages. La technique  
15 d'intrication des nucléides contenus des objets macroscopiques qui est utilisée dans cette invention pour la communication à distance n'est pas connue de l'homme de l'art.

#### **Exposé de l'invention :**

La présente invention consiste à irradier par la méthode décrite ci-dessous et  
20 simultanément, deux ou plusieurs échantillons d'un même élément et susceptibles d'avoir un état métastable. Lorsque cette irradiation est causée par des rayons gamma émis par le même noyau et en cascade, la demi-vie varie avec le temps au lieu d'être constante. Un phénomène analogue mais encore plus important est obtenu avec les gamma produits par Bremstrahlung par des accélérateurs de particules. Ce phénomène  
25 est attribué à l'intrication des noyaux métastables irradiés. On considérera d'abord deux échantillons : Après irradiation ; les deux échantillons sont alors séparés dans l'espace. L'un des échantillons que nous appellerons « maître » est excité à l'aide de rayons X ou gamma alors que l'autre, l'« esclave », est placé sur un détecteur de rayons gamma. La stimulation du « maître » provoque la désexcitation de l'« esclave » qui est mesurée par  
30 le détecteur de rayons gamma.

Cette invention est généralisée à une pluralité d'échantillons irradiés ensembles, chaque échantillon pouvant être « maître » et / ou « esclave » dans des mises en œuvre successives de l'invention. La stimulation d'au moins un échantillon « maître »

- 4 -

provoque les désexcitations de un ou plusieurs échantillons « esclaves » qui sont mesurées par des détecteurs de rayons gamma associés aux échantillons « esclaves ». Compte tenue de la nature quantique de la transmission, il n'y a pas de procédé connu d'interférence entre le ou les échantillons « maîtres » et le ou les échantillons  
5 « esclaves ». Le ou les échantillons irradiés ensembles sont les seuls à pouvoir recevoir instantanément le ou les signaux d'un ou des échantillons « maîtres » quelles que soient les distances séparant les échantillons.

Des mises en œuvre de l'invention ont été faites avec une source de cobalt 60 dont chaque noyau a la caractéristique d'émettre en cascade deux rayons gamma avec  
10 l'énergie suffisante pour exciter l'indium 115. D'autres mises en œuvre de l'invention ont été faites en excitant l'indium 115 avec des rayons gamma en provenance d'un accélérateur linéaire compact. Le spectre gamma s'étend de 0 à 6 MeV, mais est centré sur 1,5 MeV, c'est à dire que, en majorité, deux, trois ou quatre rayons gamma sont émis en cascade par le même électron, lorsque l'accélérateur utilise des électrons. Lors  
15 des cascades certains des rayons gamma, X ou optiques émis sont intriqués. La présente invention fait usage de rayons gamma intriqués pour exciter les noyaux isomères. Ces rayons gamma proviennent, comme indiqué précédemment, de réactions nucléaires telles que la désintégration du cobalt 60 ou du phénomène de Bremsstrahlung dans les accélérateurs de particules.

On mesure l'activité gamma en particulier pour l'énergie de la transition isomérique sur l'échantillon esclave. Un schéma de cette mise en œuvre est illustré sur la figure 1. Une enceinte (1) de 3 mm de cuivre, 15 cm de plomb et 12 mm d'acier contient le compteur de gamma (10) et l'échantillon esclave (8) qui émet des gamma (9) naturellement. A une distance de 12 m (7), l'échantillon maître (4) est irradié par la source de fer 55 (2)  
20 qui émet des rayons gamma et des rayons X (3). La stimulation bien connue des hommes de l'art se produit et des rayons gamma supplémentaires (5) sont émis par l'échantillon maître (4). Simultanément, la stimulation de l'échantillon maître provoque une émission supplémentaire de l'échantillon esclave (8) bien qu'il soit à l'intérieur de son épais blindage et à 12 m de l'échantillon maître.

La figure 2 est un exemple de mesures faites sur des feuilles d'indium à 99,999% de pureté, irradiées préalablement et simultanément pendant 20 minutes avec un accélérateur linéaire compact. La source de rayon X et gamma, du fer 55, a été placée pendant 5 minutes sur l'échantillon maître, noté « OUI » puis retirée pendant 5 minutes, noté « NON » et ainsi de suite. Les mesures de la figure 2 représentent le comptage  
30

- 5 -

total pendant les 5 minutes d'irradiation du maître, les 5 minutes sans irradiation et ainsi de suite. Un important signal sur l'esclave est obtenu pendant les périodes d'irradiation du maître, sauf la dernière période pour laquelle pas de signal a été obtenu. Les mêmes expériences faites avec la source de cobalt 60 donnent des résultats identiques  
5 mais à peine supérieurs au bruit.

**Description sommaire des dessins et tableau:**

La figure 1 représente schématiquement le principe de la méthode utilisée dans l'invention pour communiquer à distance.

10 La figure 2 représente un exemple de résultat expérimental obtenu avec deux échantillons d'Indium 115 irradiés avec les rayons gamma d'un accélérateur linéaire compact. Dans cet essai, les échantillons sont séparés de 12 m.

La figure 3 illustre un mode de mise en oeuvre de l'invention avec une source radioactive et une pluralité de paires d'échantillons.

15 La figure 4 illustre un mode de mise en oeuvre de l'invention avec un accélérateur de particules et une pluralité de paires d'échantillons placés sur un seul disque.

La figure 5 illustre un mode de mise en oeuvre de l'invention avec un accélérateur de particules et une pluralité de paires d'échantillons placés sur deux disques superposés.

Le tableau 1 énumère une liste des principaux noyaux nucléaires ayant un état  
20 métastable avec leur symbole, abondance, demi-vie et émission de rayons gamma.

**Manières de réaliser l'invention :**

Des manières de réaliser l'invention sont décrites ci-dessous. Cependant il est précisé que la présente invention peut être réalisée de différentes façons. Ainsi, les détails  
25 spécifiques mentionnés ci-dessous ne doivent pas être compris comme limitant la réalisation, mais plutôt comme une base descriptive pour supporter les revendications et pour apprendre à l'homme du métier l'usage de l'invention présente, dans pratiquement la totalité des systèmes, structures ou manières détaillés appropriés

La présente invention peut être mise en oeuvre avec des nucléides de différentes demi-  
30 vies. En effet, les demi-vies des nucléides métastables utilisables pour cette invention s'étendent de 1 microseconde à 50 ans. Le tableau 1 donne une liste des principaux nucléides qui ont un état métastable. Leur symbole, abondance, demi-vie en excitation ordinaire et énergie de transition isomérique sont mentionnés. Les échantillons excités peuvent être transportés sur de larges distances et attendre de longues périodes, si leur

demi-vie le permet, en étant toujours susceptibles d'être désexcités.

Les mises en œuvre de l'invention qui sont rapportées concernent un maître et un esclave, mais un maître peut désexciter une pluralité d'esclaves si une pluralité d'échantillons ont été excités ensemble. De même, un esclave peut recevoir un signal  
5 de n'importe quel maître. L'action se produit quelle que soit la distance ou les matériaux qui séparent maître et esclave.

Le procédé selon l'invention consiste à irradier à l'aide de rayons gamma deux ou plusieurs échantillons d'un élément possédant un état métastable d'une durée de demi-vie allant moins d'une seconde à plusieurs années. Les rayons gamma utilisés pour  
10 l'excitation des échantillons doivent provenir soit d'une désintégration en cascade dans le cas d'un isotope radioactif, soit d'un effet de Bremstrahlung dans lequel la même particule émet plusieurs gamma.

Par exemple, une émission en cascade est fournie par le cobalt 60. Les rayons gamma émis doivent avoir une énergie suffisante pour effectuer une transition isomérique  
15 inverse, c'est à dire de faire passer le noyau de son état fondamental à l'état métastable. Dans le cas de l'indium 115, par exemple, l'énergie nécessaire du seuil d'excitation est de 1080 keV, condition qui est remplie par les deux rayons gamma du cobalt 60. L'un des gamma a une énergie de 1173 keV avec 99,90% chance de se produire, et l'autre 1332 keV 99,98% chance de se produire. Nous avons bien une  
20 cascade car les deux gamma sont émis à 0,713 picoseconde ( $10^{-12}$  s) d'intervalle en moyenne.

Dans le cas d'une irradiation par les rayons gamma de Bremstrahlung d'un accélérateur linéaire de particules, par exemple d'électrons, l'énergie des gamma doit à nouveau être supérieure au seuil d'excitation de l'élément choisi.

25 Par exemple, un accélérateur linéaire compact peut émettre un rayonnement gamma très focalisé avec un spectre d'énergie gamma de 0 à 6 MeV. Si l'énergie de tous les électrons avant de rencontrer la cible de tungstène est de 6 MeV, chaque électron émet en moyenne quatre gamma de 1,5 MeV (1500 keV) dans une très rapide succession comparable à une cascade. La cascade de gamma de l'accélérateur est, comme le  
30 montre l'expérience, plus efficace pour effectuer les travaux décrits dans cette invention.

Selon un mode particulier de l'invention représenté sur la figure 3 qui concerne une irradiation par source radioactive émettant des gamma en cascade, les échantillons à irradier sont placés par couple ou plusieurs sur un plateau (11) qui présente les groupes



d'échantillons (12) en succession devant un piston (16) qui les introduit en face d'une source radioactive (14) par l'orifice (15) à l'aide du piston. La source est placée dans un épais blindage de plomb et d'acier (17). Un axe (18) connecte le plateau à un moteur pas à pas (19) commandé par une minuterie (20). Le temps d'irradiation est réglé pour chaque groupe d'échantillons à l'aide d'une minuterie (21) qui actionne une vanne pneumatique (22) pour obtenir la réponse optimale d'activation. Dans le cas de l'indium 115, avec une source de 111000 GBq (3000 Ci), plusieurs heures d'excitation sont nécessaires.

Selon un autre mode de réalisation de l'invention, schématisé sur la figure 4, les groupes d'échantillons (23) sont placés sur un plateau tournant (24). Ce plateau est supporté par un axe (25) et connecté à un moteur pas à pas (26), lui-même commandé par une minuterie (27). Les groupes d'échantillons sont présentés l'un après l'autre devant le faisceau de rayons X d'un accélérateur linéaire compact (28) par exemple. Un « fantôme » (29) rempli d'eau arrête les rayons gamma non absorbés. En général les accélérateurs ne peuvent pas fonctionner en permanence. Un certain nombre d'unités de temps d'irradiation, par exemple de 5 minutes, sera appliqué à chaque échantillon pour obtenir l'excitation optimale à l'aide d'une minuterie (30). Dans le cas de l'indium 115, une excitation de 20 minutes avec un accélérateur linéaire compact suffit pour avoir un rapport signal sur bruit satisfaisant.

Un ensemble ordonné de couples indépendants d'échantillons peuvent également être irradiés, comme le montre la figure 5. Sur cette figure, les couples d'échantillons sont disposés sur deux disques, le disque maître (31) et le disque esclave (32), lors des irradiations. Les autres éléments de la figure 5 sont identiques à ceux de la figure 4. Ces disques peuvent alors être éloignés à n'importe quelle distance et exploités par stimulation de désexcitation modulée de chaque échantillon ordonné du disque maître et la réception de cette modulation par l'échantillon correspondant du disque esclave, permet ainsi la transmission d'un message complexe. Si plusieurs échantillons, placés dans plusieurs disques, sont excités ensembles au lieu d'un simple couple de disques, le message peut être transmis simultanément à plusieurs disques esclaves. D'autres supports que des disques peuvent être utilisés. Par exemple des plaquettes présentées en translation devant le générateur de gamma émis en cascade.

Les appareillages décrits précédemment sont des exemples de réalisation. D'autres moyens pour présenter les échantillons à l'irradiation peuvent être employés sans sortir du cadre de l'invention.

Les groupes d'échantillons maîtres-esclaves à irradier sont des solides en feuille ou en poudre, des liquides ou des gaz (cas du Xénon par exemple) qui contiennent une proportion d'un ou de plusieurs isotopes par exemple mentionnés sur le tableau 1. Les échantillons peuvent être aussi des alliages, des mélanges ou des composés de chimiques incorporant une proportion d'un ou de plusieurs isotopes du tableau 1. Les échantillons d'un même groupe peuvent être de nature différente, par exemple l'un en poudre et l'autre en feuille. Un ou plusieurs des échantillons d'un même groupe peuvent également être transformés physiquement ou chimiquement après irradiation, l'échantillon esclave sous forme de poudre ou de gaz peut être incorporé dans une molécule porteuse injectable par exemple. L'isomère, un sel ou une molécule contenant l'isomère peut également être mis en solution dans l'échantillon. Une pluralité d'isomères peut être employée dans cette solution.

Les mesures de gamma dus à la transition isomérique de l'esclave lors de la stimulation du maître peuvent être effectuées avec les instruments classiques de l'homme de l'art. Un instrument courant est le détecteur à cristaux de germanium fonctionnant à basse température. Afin de minimiser les effets des rayons cosmiques, du radon et des parasites ambiants, l'échantillon esclave peut être placé dans un conteneur avec des parois de cuivre, plomb et acier, localisé à une grande distance de l'échantillon maître (12 m dans la mise en oeuvre rapportée). Un analyseur multi-canal doit pouvoir se caler sur la radiation caractéristique de l'isomère choisi. Par exemple, dans le cas de l'indium  $^{115m}$ , les gamma dans la raie 336,2 keV sont comptés. Il est également possible que les progrès de la technique permettent de mesurer la radiation de 336,2 keV sans avoir un conteneur spécial.

Une modulation temporelle des stimulations de désexcitation, comme le montre l'exemple de la figure 2, peut être utilisée pour envoyer un message composé de « oui » et de « non », c'est à dire de 1 et de 0 en langage binaire, sur un ou une pluralité d'échantillons. Des mises en oeuvre de l'invention avec des modulations plus complexes telles qu'une modulation en amplitude ou en fréquence des stimulations de désexcitation peuvent également être utilisées.

Selon les techniques de stimulation des isomères connues, on peut choisir le rayonnement optimal pour stimuler un isomère particulier. En conséquence, l'échantillon maître contenant un mélange d'isomères peut être excité sélectivement. Chaque isomère représente donc dans ce cas un « canal » particulier de transmission. Lorsque l'isomère émet, naturellement ou lors de la stimulation à distance, des gamma

de plusieurs énergie, les mesures faites pour chaque énergie permettent d'améliorer le niveau signal sur bruit.

**Possibilités d'applications industrielles :**

- 5 Cette invention résout donc un problème technique de transmission d'information, pour l'instant très sommaire, mais néanmoins de grande nouveauté.

Différentes applications industrielles sont immédiatement envisageables, signaux de secours, de télécommandes, d'acquisition de données, dans les mines, les fonds marins (robots et sous-marins), dans les forages, dans le domaine spatial en particulier

- 10 à très grandes distances, etc.

Des applications médicales sont également possibles en stimulant à distance le produit selon l'invention, dont un échantillon esclave a été disposé près ou dans l'organe à traiter.

## REVENDICATIONS

1) Procédé pour communiquer ou commander une désexcitation à distance en utilisant des nucléides isomères, dans lequel:

- 5           - on prépare deux ou plusieurs échantillons contenant au moins un nucléide isomère ayant un état métastable par irradiation au moyen soit d'une source de rayons gamma émis en cascade, soit d'un générateur de rayons gamma provenant du Bremstrahlung de particules accélérées, avec une énergie suffisante pour exciter ledit nucléide isomère à son état métastable,
- 10           - on provoque la stimulation modulée de la désexcitation par irradiation X ou gamma de l'un ou plusieurs des échantillons précédant, le ou les maîtres,

caractérisé en ce que l'on obtient une désexcitation modulée supplémentaire des autres échantillons, les esclaves, lors de la stimulation modulée de la désexcitation du ou des échantillons maîtres, indépendamment des distances séparant les échantillons, et des milieux séparant ces échantillons ou dans lesquels ils sont placés.

2) Procédé selon la revendication 1 caractérisé en ce que l'on utilise des échantillons contenant au moins un nucléide isomère ayant un état métastable d'une durée de demi-vie de moins d'une seconde à plusieurs années, par exemple: Niobium ( $^{93}\text{Nb}41\text{m}$ ), Cadmium ( $^{111}\text{Cd}48\text{m}$ ), Cadmium ( $^{113}\text{Cd}48\text{m}$ ), Césium ( $^{135}\text{Cs}55\text{m}$ ), Indium ( $^{115}\text{In}49\text{m}$ ), Etain ( $^{117}\text{Sn}50\text{m}$ ), Etain ( $^{119}\text{Sn}50\text{m}$ ), Tellure ( $^{125}\text{Te}52\text{m}$ ), Xénon ( $^{129}\text{Xe}54\text{m}$ ), Xénon ( $^{131}\text{Xe}54\text{m}$ ), Hafnium ( $^{178}\text{Hf}72\text{m}$ ), Hafnium ( $^{179}\text{Hf}72\text{m}$ ), Iridium ( $^{193}\text{Ir}77\text{m}$ ), Platine ( $^{195}\text{Pt}78\text{m}$ ).

3) Procédé selon l'une des revendications 1 ou 2 caractérisé en ce que l'on utilise des échantillons contenant plusieurs nucléides isomères excités dont la réponse gamma de chacun d'eux est mesurée simultanément.

4) Procédé selon l'une des revendications 1, 2 ou 3 caractérisé en ce que l'on utilise des échantillons contenant au moins un nucléide isomère excité dont la réponse gamma est composée d'une pluralité de raies mesurées simultanément.

5) Procédé selon l'une des revendications 1, 2, 3 ou 4 caractérisé en ce que l'on utilise des échantillons sous différentes formes physiques ou sous différentes formes chimiques.



6) Procédé selon l'une des revendications 1, 2, 3, 4 ou 5 caractérisé en ce que l'on utilise un groupe d'échantillons dont l'un au moins a subi une transformation physique ou chimique après irradiation.

7) Procédé selon l'une des revendications 1, 2, 3, 4, 5 ou 6 caractérisé en ce que l'on utilise une stimulation modulée en amplitude d'au moins un échantillon maître.

8) Procédé selon l'une des revendications 1, 2, 3, 4, 5, 6 ou 7 caractérisé en ce que l'on utilise une stimulation modulée dans le temps d'au moins un échantillon maître.

9) Dispositif de mise en œuvre du procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 8 caractérisé en ce qu'il comprend :

10           - Un appareillage d'excitation irradiant deux ou plusieurs échantillons contenant au moins un nucléide isomère ayant un état métastable au moyen soit d'une source de rayons gamma émis en cascade, soit d'un générateur de rayons gamma provenant du Bremstrahlung de particules accélérées, avec une énergie suffisante pour exciter ledit nucléide isomère à son état métastable,

15           - un ou des appareillages de stimulation modulée désexcitant par irradiation X ou gamma l'un ou plusieurs des échantillons irradiés précédemment, le ou les maîtres,

              - un ou des appareillages de détection mesurant les rayons gamma émis par un ou plusieurs des autres échantillons irradiés précédemment, le ou les esclaves.

20   10) Dispositif selon la revendication 9 caractérisé en ce que les échantillons de chaque groupe sont disposés sur un seul support dans l'appareillage d'excitation, étant par la suite séparés et positionnés en relation entre eux dans le ou les appareillages de stimulation modulée et dans le ou les appareillages de détection.

25   11) Dispositif selon la revendication 9 caractérisé en ce que les échantillons de chaque groupe sont disposés sur une pluralité de supports dans l'appareillage d'excitation, les supports étant par la suite séparés et positionnés en relation synchrone entre eux dans le ou les appareillages de stimulation modulée et dans le ou les appareillages de détection.

30   12) Dispositif selon l'une des revendications 9, 10 ou 11 caractérisé en ce que les groupes d'échantillons sont agencés selon un ordonnancement défini permettant la transmission de messages complexes.

13) Utilisation du procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 8 pour transmettre à distance des informations, notamment des signaux de secours.

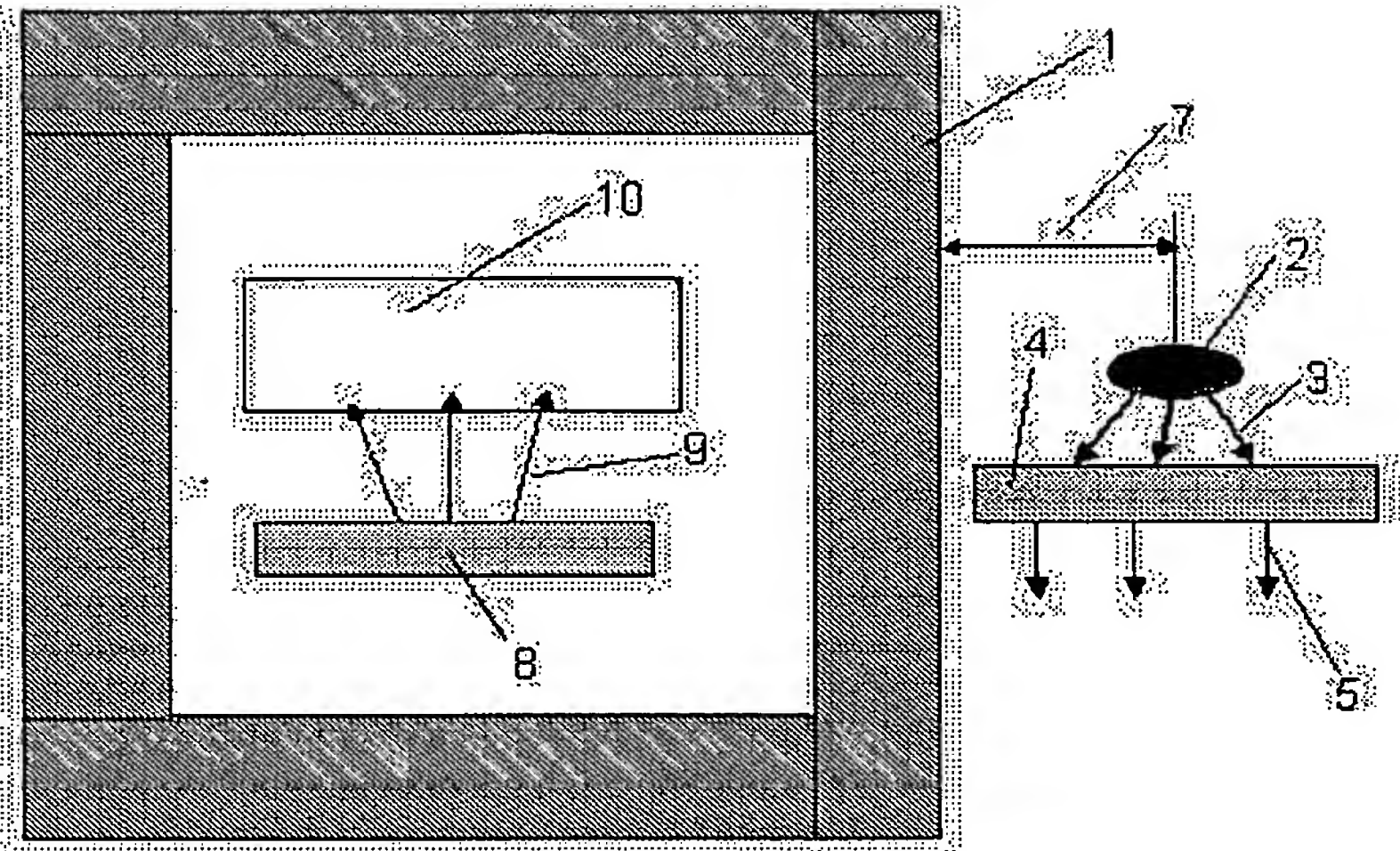


FIG. 1

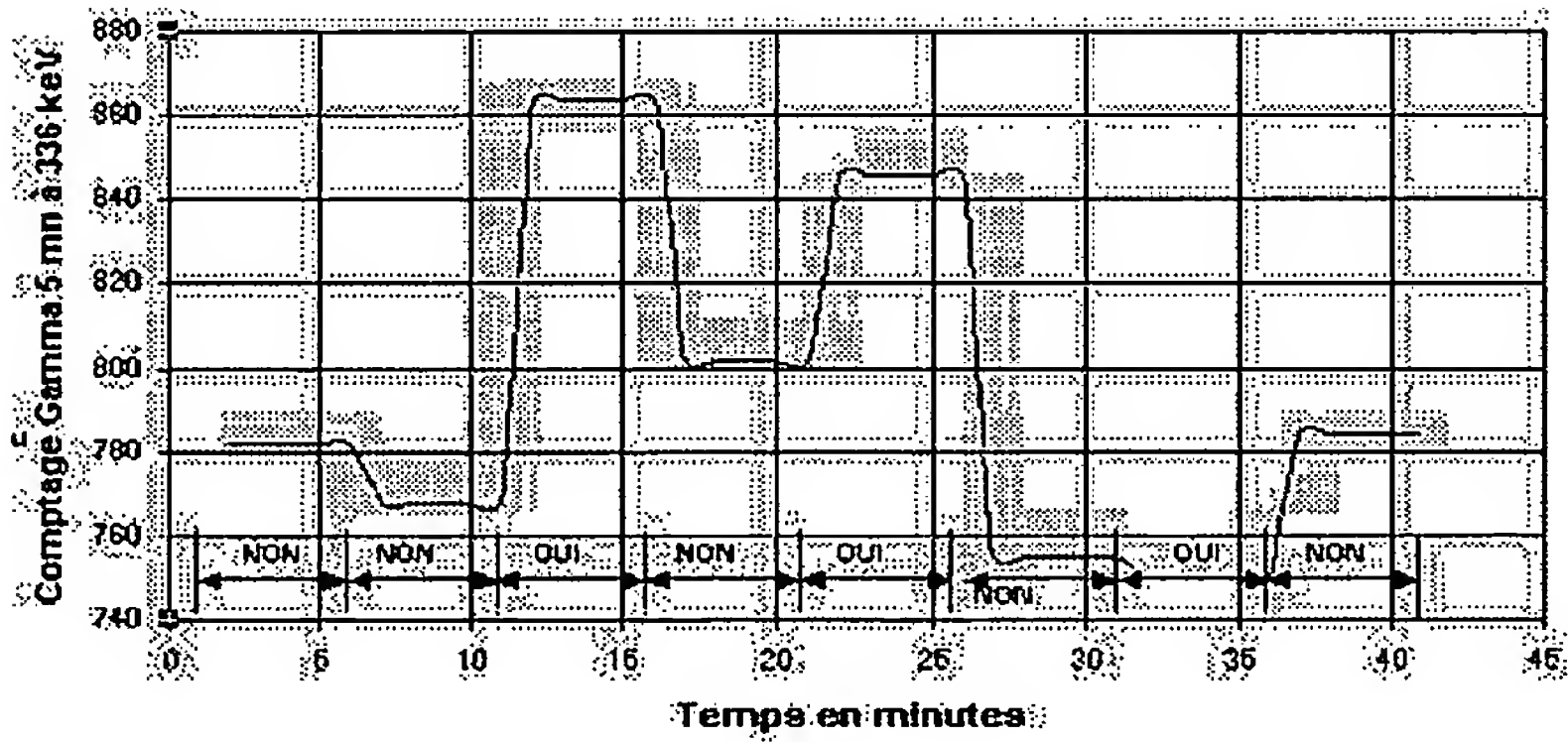


FIG. 2

2 / 3

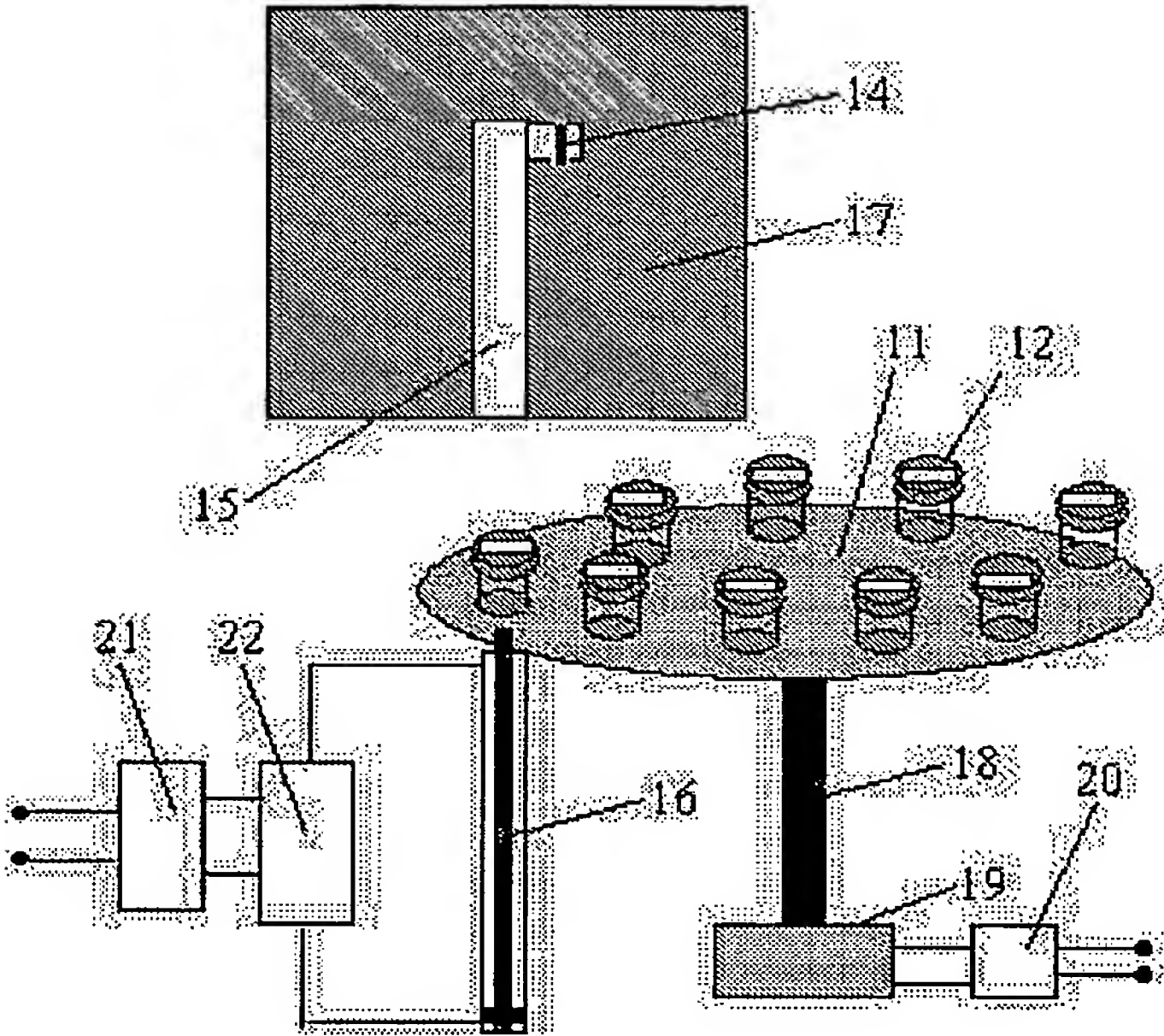


FIG.3

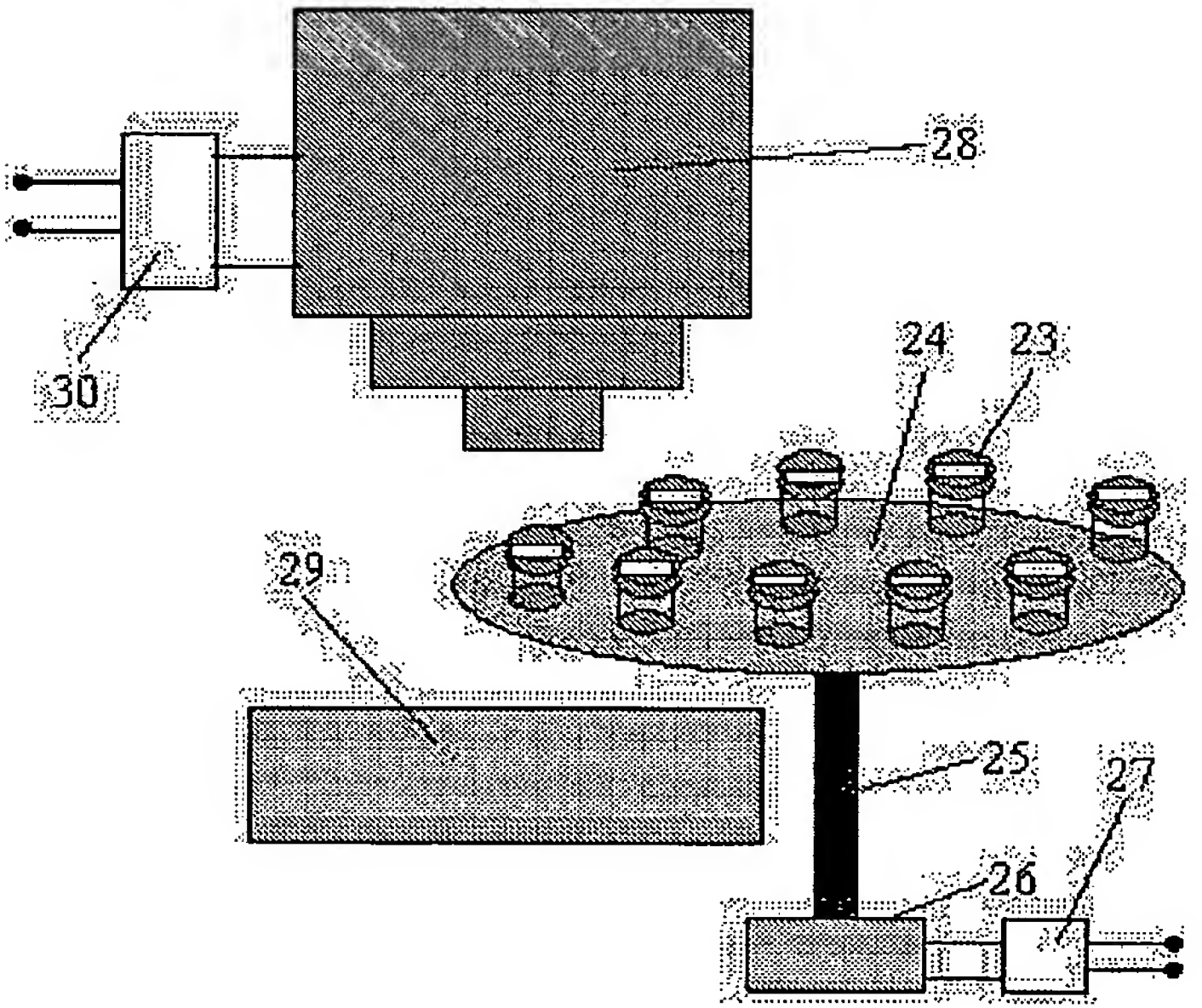


FIG.4



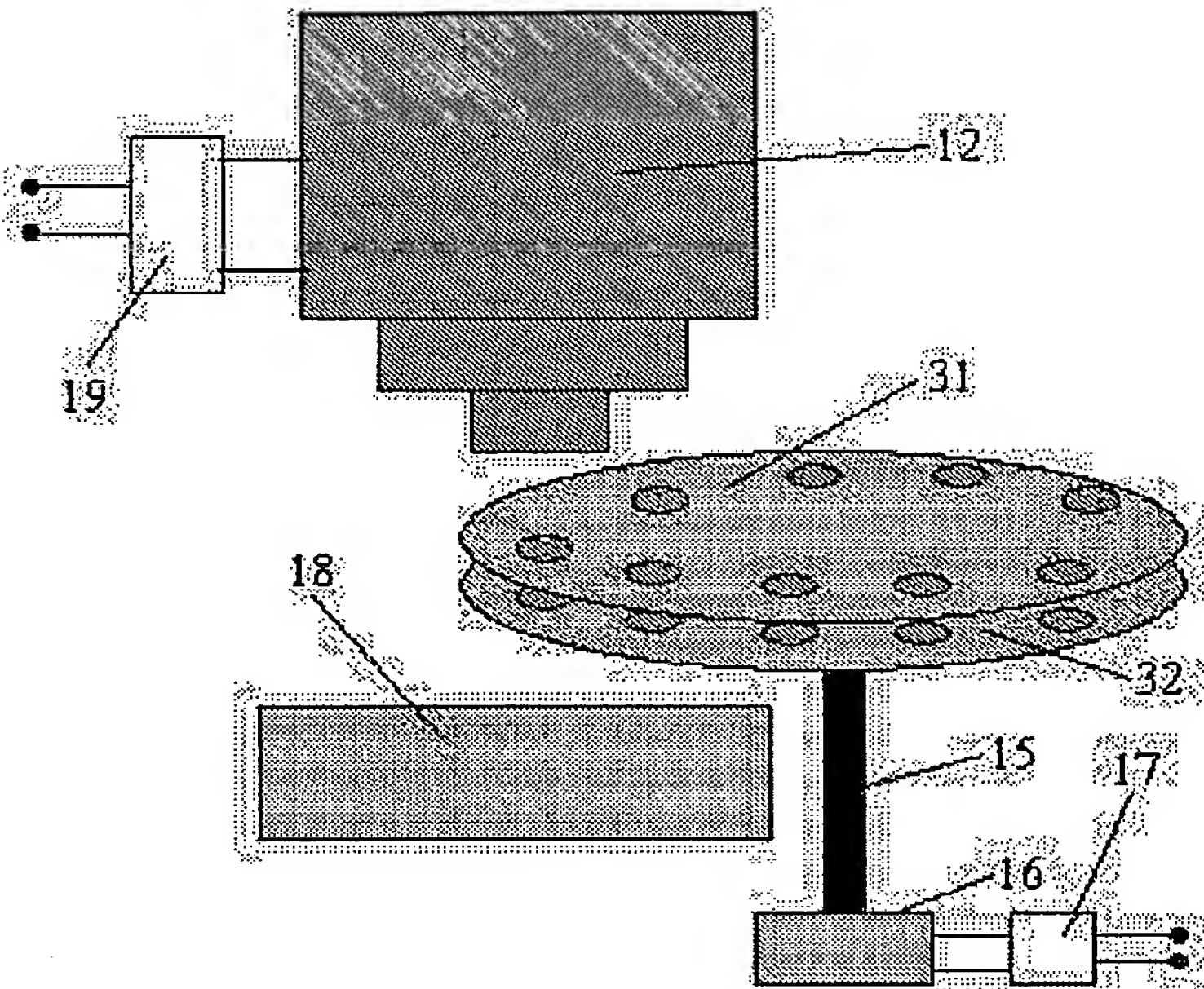


FIG.5

Nucléide	Symbole	Abondance %	Demi-vie	Gamma keV
Niobium	93Nb41	100	16.3 a	31.8
Cadmium	111Cd48	12.8	48.54 m	396.2
Cadmium	113Cd48	12.2	14.1 a	263.5
Césium	135Ce	-	53 m	846/786
Indium	115In49	95.7	4.48 h	336.2
Tin	117Sn50	7.7	13.6 a	314.6
Tin	119Sn50	8.6	293 j	60.5
Tellure	125Te52	7.1	57.4 j	144.8
Xénon	129Xe54	26.5	8.8 j	238.1
Xénon	131Xe54	21.2	11.8 j	163.9
Hafnium	178Hf72	27.3	31 a	574/.../93
Hafnium	179Hf72	13.6	25 j	453/.../122
Iridium	193Ir77	62.7	10.5 j	80.2
Platinum	195Pt78	33.8	4 j	259.3

m: minutes, h: heures, j: jours, a: années.

TABL.1